

(19) Japan Patent Office  
(JP)(12) **Japanese Unexamined Patent  
Application Publication (A)**(11) Japanese Unexamined Patent  
Publication Number**2001-238372**

(3) Publication date: August 31, 2001

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	Identification codes	F1	Theme codes (for reference)
H 02 J 17/00		H 02 J 17/00	B 2C005
B 42 D 15/10	521	B 42 D 15/10	521 5 5B035
G 06 K 17/00		G 06 K 17/00	F 5B058
19/07		19/07	H

Request for examination: Not yet requested: Number of claims: 9 OL (Total of 11 pages)

(21) Application number	2000-47115	(71) Applicant	000004226 Nippon Denshin Denwa Co. Ltd. [NTT] 3-1 Otemachi, 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo
(22) Date of application	February 24, 2000	(72) Inventor	Toshinori FUKUNAGA Nippon Denshin Denwa Co. Ltd. [NTT] 3-1 Otemachi, 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo
		(72) Inventor	Koji BAN Nippon Denshin Denwa Co. Ltd. [NTT] 3-1 Otemachi, 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo
		(72) Inventor	Tadao TAKEDA Nippon Denshin Denwa Co. Ltd. [NTT] 3-1 Otemachi, 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo
		(74) Agent	100075753 Yoshihiko IZUMI (and 2 others)
		F-terms (for reference)	[see original]

(54) Title of Invention:

**Power transmission system, electromagnetic field generator, and electromagnetic field receiver**

(57) Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: An important issue to be resolved is the efficient supply of electric power from the reader/writer-side to the IC card-side in non-contact IC card systems. To this end, it is necessary to match the impedance of the transmitter and receiver for power and signals. Nevertheless, there is a range within which impedance matching is performed and the range of effective operation is limited for the efficient provision of electric power, and there has been a call for the creation of a non-contact IC card system having a wide operating range.

SOLUTION: In this invention, the sending side or the receiving side antenna coils are connected to an impedance matching circuit which simultaneously detects power transmission and receiving conditions, determining whether or not impedance matching conditions have been satisfied and automatically switching the matching conditions according to these results.

---

## Claims

Claim 1 A power transmission system has a set comprised of an electromagnetic field generator and an electromagnetic field receiver which uses electromagnetic induction to transmit electric power and to send and receive signals, and this electromagnetic field generator has at least an electromagnetic field generating means which includes an antenna coil to generate signals according to the electromagnetic field; a signal modulation means which modulates the signals thus generated; a signal modulation means which demodulates the load modulation signal of the electromagnetic field receiver; and this electromagnetic field receiver has at least an electromagnetic field receiving means which includes an antenna coil to receive electromagnetic fields, a direct current voltage generating means which rectifies received alternating current signals and converts them to constant voltage, a signal demodulation means which demodulates modulated signals, and a signal modulation means which performs load modulation with respect to electromagnetic fields generated by the electromagnetic field generator by means of varying the load of the internal circuits,, wherein the power transmission system comprises:

- a variable impedance matching means which variably controls input-output impedance of either the electromagnetic field generating means of the electromagnetic field generator or the electromagnetic field receiving means of the electromagnetic field receiver;

- a power transmission efficiency detection means which detects either or both the power transmission efficiency or the derivative function thereof between the electromagnetic field generator and the electromagnetic field receiver to control the variable impedance matching means, and a control means constituted of a power transmission state determination means which determines the power transmission state;

- and this control means controls the input-output impedance of the variable impedance matching means, and increases power reception by the electromagnetic field receiver by matching the impedance between the electromagnetic field generator and the electromagnetic field receiver.

Claim 2 The power transmission system according to Claim 1, wherein the variable impedance matching means contains a variable capacitor circuit, or a variable inductor circuit, or a variable resistor circuit which is at least connected in parallel and in series to the antenna coil, and the characteristic value of the variable capacitor circuit or the variable inductor circuit, or the variable resistor circuit is controlled by the output from this means.

Claim 3 The power transmission system according to Claim 2, wherein the variable circuit constituting the variable impedance matching means contains at least capacitor elements, or inductor elements, or resistor elements, and cutoff switches which are connected in series with these, respectively, and the cutoff switches are controlled by the output from the control means.

Claim 4 The power transmission system according to Claim 2, wherein the variable circuits constituting the variable impedance matching means contain at least variable capacitor elements, or variable inductor elements, or variable resistor elements, and the characteristic values are continuously controlled to remain within a variable range of the variable capacitor elements, or variable inductor elements, or variable resistor elements according to the output from the control means.

Claim 5 The power transmission system according to Claim 2, wherein the antenna coil is comprised of a plurality of antenna coils connected in series, and a variable impedance matching means as a means to select and switch at least one of the two connection points with the antenna coils from both ends or from the series connection point of the antenna coils, a variable capacity element which is connected in parallel to the antenna coils and which controls the characteristic values of the contact points with the antenna coils and of the variable elements according to the output of the control means.

Claim 6 The power transmission system according to Claim 1, wherein the electromagnetic field receiver is an IC card.

Claim 7 The power transmission system according to Claim 1, wherein the carrier frequency is 13.56 MHz.

Claim 8 An electromagnetic field generator uses the power transmission system according to any of Claims 1-7, and comprises a variable impedance matching means provided between the transmission antenna and the internal circuits, and a control circuit which includes a power transmission state detection means and a power transmission state determination means to control the variable impedance matching means.

Claim 9 An electromagnetic field receiver uses the power transmission system according to any of Claimed 1-7, and comprises an inductor variable matching means provided between the receiver antenna and the internal circuits, and a control circuit which includes a power transmission state detection means that a power transmission state determination means to control the variable impedance matching means.

## Detailed Description of the Invention

0001

## Industrial Field of the Invention

The present invention pertains to non-contact IC card systems which not only transfer data between the reader/writer-side and the IC card-side, but which also supply electric power to operate the IC card, and particularly to impedance matching means to perform the efficient supply of electric power across a wide range of operations.

0002

## Prior Art

ISO/IEC is advancing the work of standardizing non-contact IC cards and classifies them according to the non-contact interface they use as contact types, proximity types, vicinity types, and microwave types. Among these classifications, as well, electromagnetic induction method proximity-type IC cards using a carrier frequency of 13.56 MHz are attracting attention in applications such as electronic tickets, electronic money, access control, amusements, and for administrative/public cards, and the like. Furthermore, electromagnetic induction method vicinity-type IC cards using this same frequency are attracting attention for access control, amusements, and other uses.

0003

These proximity-and vicinity-type non-contact IC cards are not provided with batteries but instead use power which is supplied to them by electromagnetic induction from the reader/writer to operate the IC provided internally in the card, and the degree to which IC cards which perform a response to receive electric power efficiently is a critical issue in the context of improving the processing performance of IC cards and to expanding the operating range in terms of communication distance between the reader/writer and the IC card. While it is a well-known fact that it is effective to have good efficiency of power transmission by matching the impedance of both the reader/writer and non-contact IC cards in transmitting power to non-contact IC cards from reader/writers, regardless of the fact that impedance matching is dependent upon the distance between the reader/writer and the IC card, in prior art IC cards, as shown in Figure 10, a synchronizing condenser 65 is interposed between the antenna coil 62 and the internal circuits of 63 on the receiving side of an IC card 61, and also an impedance matching circuit 69 is interposed between the transmission circuit 67 and the antenna coil 68 on the sending-side reader/writer 66, so that there is no more than a narrow operational range because impedance matching is performed according to specific distances and the IC card does not perform effectively. Therefore, for example, in the case of proximity IC cards using the ASK 10% modulation method, the limit to the communications distance between the reader/writer in the IC card is approximately 10 cm, but by fixing the circuit constant so that the IC card can function at 10 cm, actual operations can only take place at 2~3 cm plus or minus that distance. Outside of that range, impedance is not

matched, the electric power the IC card can receive is insufficient, and the IC card does not function. In vicinity types, the upper limit on vindication distance is approximately 70 cm, representing a substantial increase in the distance over proximity types and the operational range is commensurately wider, but the situation is the same in that the margin of potential communications is not very large when impedance matching is fixed.

0004

Unexamined Patent Application Publication 10-145987 discloses an IC card with an impedance control circuit therein which controls power which is received. In this prior art technology, as shown Figure 11, the characteristic value of the impedance variable circuit 53 constituted of variable resistance or variable capacitance inserted in parallel in the antenna coil 52 on the IC card-side is varied, or the inductance of the antenna coil 52 is equivalently controlled and excessive input had very close distances is reduced by releasing impedance matching. Nevertheless, since there is only one impedance variable circuit 53 performing control in parallel with the antenna coil 52, and without being able to perform impedance matching, even if impedance matching is released, this technology does not have the effect of improving power supply efficiency when the distance from the reader/writer is large or in locations where there is a great disparity in impedance matching, and the technology does not expand the range of communication distance. One of the characteristics of non-contact IC cards is that they can function at a distance from the reader/writer, so a narrow operational range of an IC card presents an inconvenience for card users and can also result in the incorrect operation of the IC card.

0005

#### Problems the Invention Seeks to Resolve

In light of the above-mentioned problems, it is therefore an objective of the present invention to present a non-contact IC card system which performs power transmission and signal transceiving using electromagnetic induction with a wide range of possible communications distances and higher power transmission efficiency in a non-contact IC card with an expanded range of operation and excellent practicality.

0006

#### Means of Solving the Problems

In order to achieve the above objectives, this is a system provided with a control means which includes a variable impedance matching means is interposed between the antenna coil and the internal circuits of at least one of either the electromagnetic field generator, which is the non-contact IC card system reader/writer-side, and the electromagnetic field receiver, which is the non-contact IC card and, at the same time, a power transmission state determination means which determines whether or not it is necessary to switch the matching parameters of the variable impedance matching means in response to requirements of the power transmission state ob-

tained from a power transmission state detection means, thereby expanding the range of distances at which system operations are supported between the non-contact IC card and the reader/writer.

0007

A variable impedance matching means is provided here between the antenna coil and the internal circuits in both the electromagnetic field generator and the electromagnetic field receiver to correct for changes in the impedance in the connection status of both antenna coils which changes according to the distance between the two, and this variable impedance matching means is controlled by control circuits which include a power transmission state detection means which detects and senses the induction electromotive voltage which may, for example, be generated by the antenna coils, comparing the induction electromotive voltage which is the outcome of this detection against a predetermined base voltage, and a power transmission state determination means which determines whether or not to switch the matching conditions of the variable impedance matching means.

0008

Thus, this variable impedance matching means may be constituted of variable capacitor circuits, variable inductor circuits, or variable resistor circuits which are connected in series to or parallel with the antenna coils, and has switches to control the characteristic values of the variable elements according to signals from the control means. Moreover, this variable impedance matching means is also defined as being constituted of variable capacitor circuits, variable inductor circuits, or variable resistor circuits which are connected through switches in series to or parallel with the antenna coils, and the characteristic values of the elements are controlled equivalently by controlling the switches according to signals from the control means.

0009

#### Embodiments of the Invention

The following description of embodiments of the invention is made with reference to the drawings. Figure 1 shows the basic architecture of the non-contact IC card system of an embodiment of this invention. Thus, as shown in Figure 1, a non-contact IC card system comprises a reader/writer 30 set which performs the transceiving of electric power and signals using electromagnetic induction, a PC or other control terminal 31 which controls it, and a non-contact IC card 32.

0010

Figure 2 shows the basic architecture of a power transmission/signal transceiving system according to the present invention. Thus, in a paired electromagnetic field generator 1 and electromagnetic field receiver 2 which performs power transmission and signal transceiving using elec-

tromagnetic induction, the electromagnetic field generator 1 forms the non-contact IC card reader/writer, and has at least internal circuits including an oscillating circuit 6 to generate electromagnetic waves necessary to perform communications and to supply electric power, a signal modulation means 7 to modulate the electromagnetic wave carrier, a signal demodulation means 8 to demodulate signals which have been load modulated by the electromagnetic field receiver 2 which is the non-contact IC card, and an antenna coil 4 to generate an electromagnetic field based on the output signal of the internal circuits 3, and matching circuit 5 to match the impedance. Moreover, the electromagnetic field receiver 2 has internal circuits 11 which include an antenna coil 9 to receive the electromagnetic field generated by the electromagnetic generator 1, a variable impedance matching means 10 which can variably control input-output impedance of the electromagnetic field receiver to, a power transmission state detection means 18 which detects the power transmission state between the electromagnetic field generator 1 and the electromagnetic field receiver 2, and a power transmission state determination means 19 which determines the state of power transmission based on the results detected by the power transmission state detection means 18 and controls the variable impedance matching means 10, a rectifier circuit 12 which rectifies the received alternating current wave, and internal circuits 13 which operate according to the signals rectified by the rectifier circuit [12]. The power transmission state detection means 18 referred to here may detect the induction electromotive voltage induced for example in the antenna coil 9, and the power transmission state determination means 19 compares this induction electromotive voltage to the base voltage corresponding to the received power which enables operation of the IC card, and according to this result, the switching of the variable impedance matching means 10 matching conditions is controlled thereby. Furthermore, the internal circuits 13 have a constant voltage generating means which generates direct current voltage used to power the CPU, etc., a signal demodulation means 15 which demodulates the modulated carrier wave, a signal modulation means 16 which performs load modulation relative to the carrier wave according to the change in the internal circuit load impedance, and CPU and other digital circuits 17 which perform actual operations. Moreover, the CPU and other digital circuits 17 typically include a communication means with the host computer, a base frequency-generating means which generates a clock, buffer memory, communications protocol control means for initial response, collision avoidance, and the like, clock playback circuits, CPU, RAM, ROM, and electrically-erasable programmable read-only non-volatile memory (such as EEPROM, flash memory, ferroelectric memory, etc.).

0011

This variable impedance matching means 10 may without impediment be inserted after the antenna coil 9 or after the rectifier circuit 12, but it is preferentially inserted between the antenna coil 9 and the rectifier 12 because of the fact that the variable impedance matching effect of the operation of the signal prior to rectification is large. Furthermore, to obtain the desired control of input-output impedance, the variable impedance matching means 10 is typically configured to

control the characteristic value of the two elements which are connected equivalently in series and in parallel. By using two elements which are connected in series and in parallel, the reflection due to unmatched impedance is minimized and control to maximize the efficiency of power supply is enabled. The elements which are inserted in series and in parallel here can be capacitors, inductors, or resistors, but resistors can typically be used to continually control characteristic value, and power loss can be avoided. Moreover, although the power loss of inductors is less than that of resistors, they are larger in size and difficult to incorporate into integrated circuits and, furthermore, they are not easy to control. Therefore, in light of their power loss and ease of characteristics control, by configuring the system only with variable capacitor 20 and 21 and shown in Figure 3, it becomes possible to perform inductance matching continuously and ease of adjustment is facilitated. The capacitance of the variable capacitor 20 and 21 illustrating Figure 3 is preferentially variable within the approximate range of 1 pF to 200 pF, facilitating installation in an integrated circuit.

0012

Further, the element used in the variable impedance matching means 10 does not need to be a single element. Since it is acceptable for the characteristic values of single elements which are connected either in series or in parallel to be able to be equivalently controlled, it is equally acceptable to insert a plurality of groups comprising a capacitor having a fixed characteristic value and a switch group inserted in series with this capacitor, in place of the single variable capacitor shown in Figure 3, and by controlling these switches by means of the control circuit 11, one or more are selected and connected respectively from the plurality of capacitors which have been inserted ahead of time in parallel or in series in the antenna coil 9, and the characteristic value of the elements are equivalently controlled, as shown in Figure 4. Electronic switches comprised of CMOS or other transistors are desirable because such switches operate at high speed and facilitate ease of control of the control circuit 11. By configuring the system in this way, the characteristic values of the elements are changed non-continuously and discretely, but in typical use, the nearly continuous control of characteristic values can be achieved as long as the power supply efficiency remains at 50% or greater when the distance fluctuates by using a still larger number of these capacitors and switches. In Figure 3, all of the elements used in the variable impedance matching means 10 are capacitors, but it goes without saying that a portion or all of these can be inductors, resistors, or combinations of multiple varieties thereof without restriction.

0013

Also, Figure 3 illustrates a constitution in which the variable impedance matching means 10 is inserted after the antenna 1, but as shown in Figure 5, it is acceptable to configure the system so that a tap is taken off from an intermediate point on the antenna 9, with a switch that switches selectively between the tip of the antenna coil or the tap at the midpoint thereof, and by means of the variable capacitance inserted in parallel to the antenna coil 9, control thereof is performed by

means of the control circuit 11. In this case, since the midpoint on the antenna 9 is used, continuous control of the characteristic value cannot be performed and the characteristic value is varied non-continuously and discretely; nevertheless, virtually continuous control of antenna 9 inductance can be performed by taking multiple midpoint taps [off the antenna 1] and by switching therebetween. In this case, the range of the variable inductance should be roughly in the range from 0.5  $\mu\text{H}$  to 3  $\mu\text{H}$  and, for example, it is possible to implement the aforementioned variable inductance range by providing approximately 10 turns of antenna coil 9 windings within the limitations of the shape of the card, and taking off midpoint taps therefrom.

0014

The control circuit 11 includes a power transmission state detection means 18 which detects either or both of the power transmission efficiency between the electromagnetic field generator 1 and the electromagnetic field receiver 2 or its derivative thereof and a power transmission state determination means which determines the power transmission state, and the power transmission efficiency between the electromagnetic field generator 1 and the electromagnetic field receiver 2 is maximized by controlling the variable impedance matching means 10.

0015

The input into the aforementioned control circuit 11 may satisfactorily detect the voltage at both ends of the antenna 9, as shown by the dashed line in Figure 2, but since it is easier to sense direct current voltage than it is to sense alternating current, it is preferable to use as the input of the control circuit 11 the voltage after the rectifier circuit 12, which is indicated by the solid line in Figure 2. It is preferable that control be performed by this control circuit 11 using an internal CPU or a dedicated control circuit, but there is no impediment to using a pre-installed decision circuit which is simply configured to perform control operations, depending on the size of the input voltage. Moreover, the power transmission state determination means 19 which is contained in the control circuit 11 may without impediment make decisions according to a CPU within a digital circuit 17 such as a CPU or the like. In this case, the power transmission rate detected by the power transmission state detecting means 18 is inputted into the CPU or other digital circuit 17, the power transmission state is determined by the internal CPU, and a control signal is outputted to the control circuit 11 on the basis of the decision results and control is performed.

0016

Moreover, the variable impedance matching means 10 is configured within and electromagnetic field receiver 2, but as shown in Figure 6, there is no impediment to it being configured within and electromagnetic field transmitter [sic: error for "generator"?] 1. The variable impedance matching means 10 is interposed between the internal circuit 3 and the antenna coil 4 in the electromagnetic field generator 1. Furthermore, a matching circuit 5 is inserted between the an-

tenna coil 9 and the rectifier circuit 12 within the electromagnetic field receiver 2. Also, the control circuit 11 which controls the variable impedance matching means 10 is similarly configured within the electromagnetic field generator 1, and its input uses the voltage detected from both ends of the antenna coil 4. In this constitution, as well, there is no difference in the effect the configuring the variable impedance matching means 1 within the electromagnetic field receiver 2.

0017

In typical power transmission and communication systems which use electromagnetic field generators 1 and electromagnetic field receivers 2, the electromagnetic field generator 1 position is formed as a fixed terminal while the electromagnetic field receiver 2 is configured so as to be miniature and portable so that users can carry it about and use it. Therefore, in these power transmission and communication systems, the number of electromagnetic field generators 1 is significantly fewer than the number of electromagnetic field receivers 2, and there are advantages to be gained in terms of lower manufacturing costs by configuring the variable impedance matching means 10 within the electromagnetic field generator 1. Moreover, an effective way to increase the communications distance with typical electromagnetic field generators 1 is to configure the variable impedance matching means 10 within the electromagnetic field receiver 2, offering the advantage of greater compatibility with infrastructure which is already configured with electromagnetic field generators.

0018

Moreover, although a variety of frequencies can be used for the transmitter [sic: typographical error for "oscillating"] circuit 6, since power transmission between the electromagnetic field generator 1 and electromagnetic field receiver 2 takes place in an induced electromagnetic field, the distance over which power can be transmitted is shortened if this is high frequency, so it is desirable for the frequency to be less than 100 MHz. Moreover, if the frequency is less than 100 kHz, more than 100 turns of the antenna which generates and receives the electromagnetic field are required so that, when there are size and shape limitations on the card which serves as the electromagnetic field receiver 2, installation of such an antenna coil becomes difficult. In this connection, the typical example of a non-contact IC card which uses the ISO/IEC standard frequency of 13.56 MHz in a typical power transmission/communication system using an electromagnetic field generator 1 and electromagnetic field receiver 2, there are advantages to be gained in terms of manufacturing in that a large amount of output can be used in the context of the Radio Law in the marginal zone of this frequency. Also, in general-use passenger tickets in which the system uses this type of non-contact IC card, the greater to agree of convenience is obtained by increasing the communications distance, affording significant effects in terms of the operable range of the present invention. In light of this fact, a frequency of 13.56 MHz of the oscillating circuit 6 is desirable.

0019

As described above, even when the distance between the electromagnetic field generator 1 and electromagnetic field receiver 2 varies in the foregoing constitution, and the electromagnetically induced bonds between both antenna coils fluctuates, due to the variable impedance matching means within the electromagnetic field generator 1 and the electromagnetic field receiver 2, impedance matching is performed at all times and a high level of power supply efficiency is obtained at all times. As a result, not only can the range of operation of the electromagnetic field receiver 2 be increased, but greater stability of communications operations can be achieved.

0020

Figure 7 shows a more specific schematic of the peripheral circuits of the antenna matching method of the invention according to the foregoing description. Here, the reader/writer 30 has an oscillating circuit 40 that oscillates at 13.56 MHz, a signal modulation circuit 41 that modulates oscillating circuit 40 signals at a proximally 106 kbps within a range of approximately 10%, a matching circuit 43 constituted of two capacitors inserted in series and in parallel before the antenna coil 42, and an antenna coil 42 wound in a spiral shape, and this reader/writer 30 has a typical potential output power supply with an approximate maximum of 1 W from the antenna coil 42 to the non-contact IC card 32. Moreover, the non-contact IC card 32 is formed with an antenna coil 44 formed by copper etching in a printed flat spiral shape, and has an IC chip consisting of a single CMOS chip which is sealed within the parent material of the card by means of PET, although the internal circuit is omitted from the drawing.

0021

The signal induced by the antenna coil 44 of the non-contact IC card 32 by the electromagnetic field outputted by the reader/writer 30. The internal circuits of this IC chip are initially inputted into the variable impedance matching means 45. The variable impedance matching means 45 selects one or a plurality of capacitors by the means of electronic switches SW1 and SW2 and connects thereto from out of the plurality of capacitors (a~h) arranged in parallel and having differing capacitance. These capacitors are inserted in parallel with the antenna 44 at the end of the antenna 44, and moreover one set is inserted in series at the end of the antenna 44. The electronic switches SW1 and SW2 are controlled by signals from the control circuit 46. There is a full wave rectifier circuit 47 comprised of four diodes inserted at the end of the variable impedance matching means 45. At the end of this full wave rectifier circuit 47, a capacitor 48 is inserted in parallel to flatten the waveform after it is rectified and, after that, a constant voltage circuit 49 with a shunt regulator using a Zener diode or the like to generate CPU or other digital circuit operating voltage is provided. Furthermore, a signal demodulation circuit 50 which chooses signals from the voltage signal induced by the antenna 44 of the non-contact IC card 32, and a signal modula-

tion circuit 51 which is inserted in parallel with the antenna coil 44 and performs communication by load modulation are inserted. The output of the constant voltage circuit 49 configured of the aforementioned shunt regulator and the output of the signal demodulation circuit 50 are inputted into the input of the CPU or other digital circuit that the two and the output of the CPU or other digital circuit 52 is inputted into the signal modulation circuit 51.

0022

In the foregoing constitution as described above, capacitors a~h having varying capacitance are combined with electronic switches SW1 and SW2 of the variable impedance matching means 45 to create four mutually differing states S1~S2. Figure 8 shows four types of states obtained by combining these capacitances. Figure 9 shows the kind of change in received electric power according to the distance between the non-contact IC card 32 and the reader/writer 30 thus obtained. In figure 9, the x-axis is the distance (in centimeters) between the non-contact IC card 32 and the reader/writer 30, and the y-axis is the power transmission efficiency with 1 as 100%. In Figure 9, the various states indicated by S1~S4 are power reception characteristics which are equivalent to those of prior art non-contact IC cards which do not have a variable impedance matching means, and in prior art non-contact IC cards, S1~S4 indicated in Figure 9, each represents a single state and the range within which the constant voltage needed to operate the card can be obtained becomes narrowly limited due to the different locations at which power reception peaks are found because of the different impedance matching parameters. In this particular embodiment, by turning the electronic switches SW1 and SW2 on and off sequentially using the variable impedance matching means 45 according to the distance, the range at which the necessary constant power can be obtained is increased (for example, the power reception P in Figure 9). In other words, in Figure 9, by varying the distance between the non-contact IC card 32 and the reader/writer 30 in this embodiment, if, for example the power reception declines to P, the switching of the electronic switches Sw1~SW2 can increase the operating range to the distance d1~d2 range illustrating Figure 9.

0023

#### Effect of the Invention

According to the present invention, the construction of power transmission and signal transceiving systems which permit ease of use by users of non-contact IC cards is facilitated by providing a set of electromagnetic field generator and electromagnetic field receiver which performs power transmission and signal transceiving using electromagnetic induction, by providing a variable impedance matching means in at least one or the other of the electromagnetic field generator or electromagnetic field receiver, the power is received that sufficient to operate the electromagnetic receiver is maintained even when the distance between the electromagnetic field generator and electromagnetic field receiver varies.

## Brief Description of the Drawings

- Figure 1 Architecture of a non-contact IC card system using the invention.
- Figure 2 Block diagram of the basic constituents of the non-contact IC card system of the invention.
- Figure 3 Schematic of the variable impedance matching means using a variable capacitor.
- Figure 4 Schematic showing the constitution of the variable impedance matching means using a capacitor and a switching switch.
- Figure 5 Schematic showing the constitution of the variable impedance matching means having a midpoint tap.
- Figure 6 Block diagram showing the system architecture when constituted with a variable impedance matching means configured within the electromagnetic generator.
- Figure 7 Schematic of the main parts of a system using the invention.
- Figure 8 Diagram illustrating combinations of impedance matching depending on switch operations.
- Figure 9 Graph illustrating electromagnetic field strength fluctuation indicating changes in power reception according to variations in the IC card and the reader/writer versus each of the inductances shown in Figure 8.
- Figure 10 Block diagram illustrating a non-contact IC card system constitution of the prior art.
- Figure 11 Circuit schematic when there is variable impedance circuit configured in the IC card in a prior art non-contact IC card system.

## Symbols

- 1 Electromagnetic field generator
- 2 Electromagnetic field receiver
- 3 Internal circuit
- 4 Antenna coil
- 5 Matching circuit
- 9 Antenna coil
- 10 Variable impedance matching means
- 11 Control circuit
- 12 Rectifier circuit
- 13 Internal circuit
- 14 Constant voltage generating means
- 15 Signal demodulation means
- 16 Signal modulation means
- 17 CPU or other digital circuit
- 18 Power transmission state detection means
- 19 Power transmission state determination means
- 20 Variable capacitor

- 21 Variable capacitor
- 30 Reader/writer
- 31 PC, or other host terminal
- 32 Non-contact IC card
- 40 Oscillating circuit
- 41 Signal modulation circuit
- 42 Antenna coil
- 44 Antenna coil
- 45 Variable impedance matching means
- 46 Control circuit
- 47 Rectifier circuit
- 48 Capacitor
- 49 Constant voltage circuit
- 50 Signal demodulation circuit
- 51 Signal modulation circuit
- 52 CPU or other digital circuit

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-238372

(P2001-238372A)

(43)公開日 平成13年 8 月31日 (2001. 8. 31)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード*(参考)
H 0 2 J 17/00		H 0 2 J 17/00	B 2 C 0 0 5
B 4 2 D 15/10	5 2 1	B 4 2 D 15/10	5 2 1 5 B 0 3 5
G 0 6 K 17/00		G 0 6 K 17/00	F 5 B 0 5 8
19/07		19/00	H

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2000-47115(P2000-47115)

(22)出願日 平成12年 2 月24日 (2000. 2. 24)

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号

(72)発明者 福永 利徳

東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日  
本電信電話株式会社内

(72)発明者 伴 弘司

東京都千代田区大手町二丁目 3 番 1 号 日  
本電信電話株式会社内

(74)代理人 100075753

弁理士 和泉 良彦 (外 2 名)

最終頁に続く

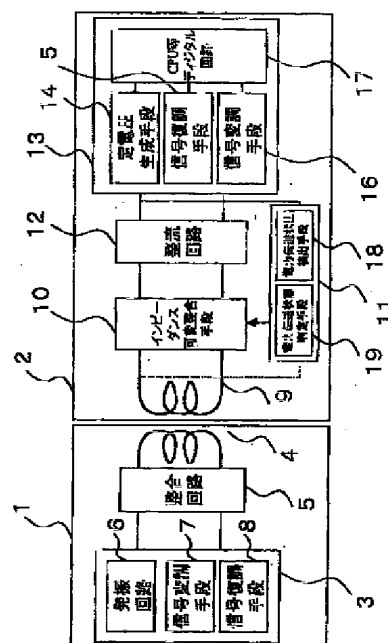
(54)【発明の名称】 電力伝送システム、電磁場発生装置及び電磁場受信装置

(57)【要約】

【課題】非接触型 I C カードシステムにおいてリーダライタ側から I C カード側に効率的に電力を供給することは重要課題である。このため電力および信号の送受信側でインピーダンス整合をとることが必要であった。しかし、効率的に電力を供給することができるのはインピーダンス整合がとれている範囲内であり、有効に動作する範囲が限られており、動作範囲の広い非接触型 I C カードシステムの実現が要求されていた。

【解決手段】本発明においては、送信側あるいは受信側のアンテナコイルにインピーダンス整合回路を接続し、同時に電力送受信状態を検出し、インピーダンス整合条件を満足しているか否かを判定し、この結果に応じて自動的に上記整合条件を切り換える方式としている。

図 2



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】電磁誘導を利用して電力伝送と信号の送受信を行う一組の電磁場発生装置と電磁場受信装置を有し、該電磁場発生装置は少なくとも、電磁場による信号を発生させるためのアンテナコイルを含む電磁場発生手段と、発生した信号を変調させる信号変調手段と、電磁場受信装置の負荷変調信号を復調する信号復調手段を有し、該電磁場受信装置は少なくとも、電磁場を受信するためのアンテナコイルを含む電磁場受信手段と、受信した交流信号を整流し定電圧化する直流電圧生成手段と、変調された信号を復調する信号復調手段と、内部回路の負荷を変化させることにより該電磁場発生装置の発生する電磁場に対して負荷変調を行う信号変調手段を有する電力伝送システムにおいて、該電磁場発生装置の電磁場発生手段もしくは該電磁場受信装置の電磁場受信手段の少なくともいずれか一方は入出力インピーダンスを可変制御するインピーダンス可変整合手段と、該インピーダンス可変整合手段を制御するために、該電磁場発生装置と該電磁場受信装置との間の電力伝送効率もしくはその導関数のうち、一方もしくは両方を検出する電力伝送効率検出手段と、電力伝送状態を判定する電力伝送状態判定手段とによって構成された制御手段を有し、該制御手段によって、該インピーダンス可変整合手段の入出力インピーダンスを制御し、該電磁場発生装置と該電磁場受信装置の間のインピーダンスを整合することで、該電磁場受信装置における受信電力を向上することを特徴とする電力伝送システム。

【請求項2】請求項1において、該インピーダンス可変整合手段が、すくなくとも該アンテナコイルに並列および直列に接続された可変キャパシタ回路、または可変インダクタ回路、または可変抵抗回路を含み、該制御手段からの出力によって、該可変キャパシタ回路、または該可変インダクタ回路、または該可変抵抗回路の特性値を制御することを特徴とする電力伝送システム。

【請求項3】請求項2において、該インピーダンス可変整合手段を構成する可変回路が、すくなくとも、キャパシタ素子、またはインダクタ素子、または抵抗素子と、それらそれぞれに直列に接続された切断スイッチを含み、該制御手段からの出力によって、該切断スイッチを制御することを特徴とする電力伝送システム。

【請求項4】請求項2において、該インピーダンス可変整合手段を構成する可変回路が、すくなくとも、可変キャパシタ素子、または可変インダクタ素子、または可変抵抗素子を含み、該制御手段からの出力によって、該可変キャパシタ素子、または該可変インダクタ素子、または該可変抵抗素子の可変範囲内にて特性値を連続的に制御することを特徴とする電力伝送システム。

【請求項5】請求項2において、該アンテナコイルが複

数のアンテナコイルの直列接続によって構成され、該インピーダンス可変整合手段が該アンテナコイルとの2つの接続点のうち少なくとも1つを、該アンテナコイルの両端および直列接続点のなかから選択して切り替える手段と、該アンテナコイルに並列に接続される可変容量素子とを有し、該制御手段からの出力によって、該アンテナコイルとの接続点と該可変素子の特性値を制御することを特徴とする電力伝送システム。

【請求項6】請求項1において、電磁波受信装置がICカードであることを特徴とする電力伝送システム。

【請求項7】請求項1において、キャリア周波数が13.56MHzであることを特徴とする電力伝送システム。

【請求項8】請求項1乃至請求項7の何れかに記載の電力伝送システムに用いる電磁場発生装置であって、送信アンテナと内部回路との間に設けられたインピーダンス可変整合手段と、該インピーダンス可変整合手段を制御するための電力伝送状態検出手段と電力伝送状態判定手段とを含む制御回路とを有することを特徴とする電磁場発生装置。

【請求項9】請求項1乃至請求項7の何れかに記載の電力伝送システムに用いる電磁場受信装置であって、受信アンテナと内部回路との間に設けられたインピーダンス可変整合手段と、該インピーダンス可変整合手段を制御するための電力伝送状態検出手段と電力伝送状態判定手段とを含む制御回路とを有することを特徴とする電磁場受信装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は非接触型ICカードにおいてリーダライタ側とICカード側との間でデータの授受のみならず、ICカードを動作させる電力供給も同時に行う方式のICカードシステムに関し、特に、広い動作範囲にわたって電力供給を効率的に行うためのインピーダンス整合手段に係る。

## 【0002】

【従来の技術】非接触型ICカードはISO/IECにおいて標準化作業が進行しており、使用する非接触インターフェースによって、密着型、近接型、近傍型、マイクロ波型に分類される。これらの中でも特に13.56MHzのキャリア周波数を用いた電磁誘導方式の近接型ICカードが電子チケット、電子マネー、アクセス管理、アミューズメント、行政・公共カード等の用途で注目を集めている。また同じ周波数を用いた電磁誘導方式である近傍型も入退室管理やアミューズメント等で着目されている。

【0003】これら近接型や近傍型の非接触ICカードは電池を内蔵せず、リーダライタから電磁誘導によって供給される電力を用いて、カード内部のICを動作させ、応答を行うためICカードが電力をいかに効率よく

受信するかが、ＩＣカードの処理性能の向上やリーダーライターとＩＣカード間の通信距離における動作範囲の拡大において重要となる。リーダーライターから非接触ＩＣカードへの電力伝送において、両者のインピーダンス整合をとることが電力伝送の効率の点で有効であることは周知の事実であるが、インピーダンス整合は両者間の距離にも依存するにも関わらず、従来のＩＣカードは図１０に示すように、受信側のＩＣカード６１上において、アンテナコイル６２と内部回路６３の間に、同調用コンデンサ６５を挿入すると共に、送信側のリーダーライター６６上において、送信回路６７とアンテナコイル６８との間にインピーダンス整合回路６９を挿入し、特定の距離に対してインピーダンス整合を取っていたため、狭い動作範囲の中でしか、ＩＣカードが有効に動作しなかった。すなわち、例えばＡＳＫ１０％の変調方式を用いる近接型ＩＣカードの場合、リーダーライターとＩＣカード間の通信距離の上限は１０ｃｍ程度とされているが、１０ｃｍでＩＣカードが動作できるように回路定数を固定化すると、その距離の前後２、３ｃｍ程度の幅しか実際は動作ができない。その範囲外ではインピーダンス整合が外れて、受信できる電力が不足し、ＩＣカードは動作しない。近傍型では通信距離の上限は７０ｃｍ程度と近接型よりもかなり遠距離まで到達でき、それに準じて動作範囲の幅も拡大するが、状況は同じであって、やはり固定したインピーダンス整合では、通信が可能な幅はあまり大きくない。

【０００４】なお、特開平１０－１４５９８７号公報には、ＩＣカード内にインピーダンス制御回路を有し、受信電力を制御することが記載されている。この従来技術は、図１１に示すように、ＩＣカード側のアンテナコイル５２に並列に挿入された可変抵抗または可変容量で構成されたインピーダンス可変回路５３の特性値を変更する、もしくは、アンテナコイル５２のインダクタンスを等価的に制御し、インピーダンス整合を外すことによって、至近距離における過大な入力を低減する技術である。しかし、制御するインピーダンス可変回路５３がアンテナコイル５２と並列に１つしかないために、インピーダンス整合を外すことはできても、インピーダンス整合をあわせることはできず、リーダーライターからの距離が大きく、インピーダンス整合が大きく外れる場所での給電効率を向上し、通信可能距離の範囲を拡大する効果はなかった。非接触ＩＣカードの特徴のひとつは、リーダーライターから離れた状態で操作できることにあるため、このように、ＩＣカードが動作できる幅が狭いと、カード利用者にとっては不便であり、また誤動作の原因であった。

【０００５】

【発明が解決しようとする課題】上記問題点にかんがみ、本発明においては、電磁誘導を用いて電力伝送と信号送受信を行う非接触ＩＣカードシステムにおいて、通

信可能距離の幅広い範囲において電力伝送の効率を高めることにより、非接触ＩＣカードの動作範囲を拡大し優れた実用性のシステムの実現を目的としている。

【０００６】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために、本発明においては非接触ＩＣカードシステムのリーダーライター側となる電磁場発生装置と非接触ＩＣカードとなる電磁場受信装置の少なくともいずれか一方のアンテナコイルと内部回路の間にインピーダンス可変整合手段を挿入し、同時に、電力伝送状態検出手段とこれにより得られた電力伝送状態により必要に応じて上記のインピーダンス可変整合手段の整合条件を切り換える必要の有無を判定する電力伝送状態判定手段とを含む制御手段を設置したシステムとし、これにより、システムが動作可能な非接触ＩＣカードとリーダーライターとの距離範囲を拡大している。

【０００７】ここで、電磁場発生装置及び電磁場受信装置はそれぞれのアンテナコイルと内部回路の間に、これら両者間の距離の変化に伴う両アンテナコイルの結合状況の変化に伴うインピーダンス変化を補正するためのインピーダンス可変整合手段を設け、このインピーダンス可変整合手段は、電力伝送状態を、例えばアンテナコイルに生じる誘導起電圧を検出して調べる電力伝送状態検出手段と、この検出結果である誘導起電圧を予め設定された基準電圧と比較し、インピーダンス可変整合手段の整合条件を切り換えるか否かを判定する電力伝送状態判定手段とを含む制御回路により制御されるものである。

【０００８】このため、上記のインピーダンス可変整合手段として、アンテナコイルに並列および直列に可変キャパシタ回路、可変インダクタ回路または可変抵抗回路を接続し、上記の制御手段からの信号によりこれら可変要素の特性値を制御するためのスイッチとを有する構成としている。さらに上記のインピーダンス可変整合手段として、アンテナコイルに平行および直列に、それぞれ複数のキャパシタ回路、インダクタ回路または抵抗回路をスイッチを通して接続し、上記の制御手段からの信号により上記スイッチを制御することで、等価的に要素の特性値を制御する構成についても規定している。

【０００９】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図により説明する。本発明の実施の形態における非接触型ＩＣカードシステムの基本構成を図１に示す。すなわち、図１に示すように非接触型ＩＣカードシステムは、電磁誘導を利用して電力伝送と信号の送受信を行う一組のリーダーライター３０と、それを制御するＰＣ等制御端末３１および非接触ＩＣカード３２とから構成されている。

【００１０】本発明による電力伝送・信号送受信システムの基本構成を図２に例示する。すなわち、電磁誘導を利用して電力伝送と信号の送受信を行う一組の電磁場発生装置１と電磁場受信装置２において、電磁場発生装置

1は非接触型ICカードのリーダライタを形成するもので、少なくとも通信および電力供給を行うために必要な電磁波を発生するための発振回路6と、電磁波のキャリアを変調させる信号変調手段7と、非接触型ICカードとなる電磁場受信装置2により負荷変調される信号を復調するための信号復調手段8とを含む内部回路3と、内部回路3の出力信号に基づいた電磁波を発生するためのアンテナコイル4と、インピーダンス整合を取るための整合回路5を有している。また、電磁場受信装置2は、電磁場発生装置1から発生された電磁場を受信するためのアンテナコイル9と、このアンテナコイル9と、上記電磁場受信装置2の入出力インピーダンスを可変に制御可能なインピーダンス可変整合手段10と、上記電磁場発生装置1と電磁場受信装置2との間の電力伝送状態を検出する電力伝送状態検出手段18および上記電力伝送状態検出手段18で検出した結果を基に、電力伝送状態を判定し、上記インピーダンス可変整合手段10を制御する電力伝送状態判定手段19を含む制御回路11と、受信した交流波を整流する整流回路12と、上記整流回路で整流された信号によって動作する内部回路13を有している。ここで上記電力伝送状態検出手段18は、例えばアンテナコイル9に誘起された誘導起電圧を検出するものであり、電力伝送状態判定手段19はこの誘導起電圧をICカードが動作可能な受信電力に対応した基準電圧と比較し、この結果によりインピーダンス可変整合手段10の整合条件切り換えを制御するものである。また、内部回路13は、CPU等の電源に使用する直流電圧を生成する定電圧生成手段14と、変調されたキャリア波を復調する信号復調手段15と、内部回路の負荷インピーダンスを変化させることによりキャリア波に対して負荷変調を行う信号変調手段16と、実際に動作を行うCPU等デジタル回路17等とを有するものである。また、CPU等デジタル回路17は、通常、ホストコンピュータとの通信手段、クロックを生成する基準周波数発生手段、バッファメモリ、初期応答や衝突防止等の通信プロトコルの制御手段、クロック再生回路、CPU、RAM、ROM、電氣的に書き換え／消去可能な不揮発性メモリ（EEPROM、フラッシュメモリ、強誘電体メモリ等）を含む。

【0011】このインピーダンス可変整合手段10は、アンテナコイル9の後段、もしくは、整流回路12の後段に挿入しても差し支えないが、整流前の信号について動作する方が、インピーダンス可変整合の効果が大きい。また、アンテナコイル9と整流回路12の間に挿入するのが良い。また、上記インピーダンス可変整合手段10は、入出力インピーダンスを任意に制御するために、等価的に直列および並列に接続した2素子の特性値を制御する構成としたことを特徴としている。直列および並列に接続した2素子を用いることで、インピーダンス不整合による反射が最も少なくなり、電力供給効率が高くな

るように制御することができる。ここで、直列および並列に挿入する素子は、キャパシタ、インダクタ、抵抗を使用することができるが、抵抗は簡単な構成で連続的に特性値を制御できるという特徴があるが、電力損失は避けられない。また、インダクタは抵抗と比較して電力損失は少ないが、形状が大きくなり集積回路に搭載することが難しく、また制御も容易でない。したがって、電力損失、特性値制御の容易さ等の観点から図3に示す可変キャパシタ20および21のみで構成すれば、インピーダンス整合を連続的に行うことが可能となり、構成上も、あるいは調整の手間からも好適である。なお、図3に示した可変キャパシタ20および21の容量の範囲は概略1pFから200pF程度の範囲で可変すればよく、集積回路上での実装が可能である。

【0012】また、上記のインピーダンス可変整合手段10に使用する素子は、1素子で構成する必要はない。直列および並列に接続されたそれぞれ1つの素子の特性値が等価的に制御可能であればよいので、図4に例示するように、図3中の1つの可変キャパシタの代わりに、特性値が固定のキャパシタとこのキャパシタに直列に挿入したスイッチ群による組を複数組並列に挿入し、制御回路11によってこれらスイッチを制御することにより、アンテナコイル9に並列および直列にあらかじめ挿入した複数のキャパシタからそれぞれ1つずつもしくは複数を選択して接続し、等価的に素子の特性値を制御しても構わない。ここで、上記スイッチは高速に動作し、また、制御回路11による制御が容易であることから、CMOS等のトランジスタで構成した電子スイッチが望ましい。このような構成にすることにより、非連続・離散的に素子の特性値を変化させることになるが、通常の使用では、距離が変動した際にも給電効率は約50%以上保持すればよく、これらキャパシタとスイッチの組をさらに多く用いることで、連続的に近く特性値を制御することが可能である。なお図3では、上記インピーダンス可変整合手段10に使用する素子をすべてキャパシタによるものとしたが、これらの一部もしくはすべてをインダクタまたは抵抗またはこれら複数種類の組み合わせにしても差し支えないことは勿論である。

【0013】また、図3では、インピーダンス可変整合手段10をアンテナ9の後段に挿入した構成を例示したが、図5に示したように、アンテナコイル9から中点タップを取り出し、アンテナコイル端もしくは中点タップのいずれかを選択して切り替える切り替えスイッチと、アンテナコイル9と並列に挿入した可変容量によって構成し、それらを制御回路11によって制御しても差し支えない。この場合、アンテナ9の中点タップを使用するために、連続的に特性値を制御することはできず、非連続・離散的に特性値を変化させることになるが、複数の中点タップを取り出して、それらを切り替えることによってほぼ連続的にアンテナ9のインダクタンスを制御

することが可能である。この際にインダクタンスの可変範囲は概略 $0.5\mu\text{H}$ から $3\mu\text{H}$ 程度の範囲で可変すればよく、例えば、カード形状のような限られた範囲内でもアンテナコイル9の巻き数を10ターン程度にして中点タップを取り出すことで上記範囲のインダクタンス値の可変を実現することができる。

【0014】制御回路11は、電磁場送信装置1と電磁場受信装置2との間の電力伝送効率もしくはその導関数のうち、一方もしくは両者を検出する電力伝送状態検出手段18と、電力伝送状態を判定する電力伝送状態判定手段19とを含み、インピーダンス可変整合手段10を制御することで、電磁場送信装置1と電磁場受信装置2との間の電力伝送効率を最大化させるものである。

【0015】上記制御回路11の入力は、図2中の破線で示すようにアンテナ9の両端の電圧を検出しても差し支えないが、交流電圧よりも直流電圧の方が検知が容易であるため、好ましくは図2中の実線で示すように整流回路12の後段の電圧をこの制御回路11の入力とするほうがよい。この制御回路11における制御は、内部にCPUもしくは専用制御回路を有して制御することが望ましいが、入力電圧の大きさによってあらかじめ設けた制御動作をするような単純な構成の判定回路であっても差し支えない。また、制御回路11内に含まれる電力伝送状態判定手段は19は、CPU等デジタル回路17内のCPUによって判定しても差し支えない。この場合には、電力伝送状態検出手段18によって検出した電力伝送効率をCPU等デジタル回路17に入力し、内部のCPUにより電力伝送状態を判定し、判定結果に基づく制御信号を制御回路11に出力して制御を行う。

【0016】また、図2ではインピーダンス可変整合手段10は電磁場受信装置2内に構成したが、図6に示すように電磁場送信装置1内に構成しても差し支えない。インピーダンス可変整合手段10は、電磁場送信装置1内の、内部回路3とアンテナコイル4の間に挿入する。また、電磁場受信装置2内のアンテナコイル9と整流回路12の間に、整合回路5を挿入する。また、インピーダンス可変整合手段10を制御する制御回路11も、同様に、電磁場発生装置1内に構成し、その入力はアンテナコイル4の両端で検出した電圧を使用する。このような構成であっても、前述の電磁場受信装置2内にインピーダンス可変整合手段を構成した場合と効果は変わらない。

【0017】通常、電磁場発生装置1と電磁場受信装置2を用いた電力伝送・通信システムにおいては、電磁場発生装置1は位置が固定された端末の形態であり、対して電磁場受信装置2は小型・可搬な形態で、利用者が携帯して使用する。よって、上記電力伝送・通信システムにおいては、電磁場発生装置1の台数は電磁場受信装置2の台数よりもはるかに少なく、インピーダンス可変整合手段10を電磁場発生装置1内に構成した場合には、

その構成にかかる費用が安価で済むという産業上の利点がある。また、インピーダンス可変整合手段10を電磁場受信装置2内に構成した場合には、汎用の電磁場発生装置1に対しても、通信距離が拡大するという効果が得られ、既存の電磁場発生装置によって構成されたインフラに対するコンパチビリティが確保されるという利点がある。

【0018】また、発信回路6の周波数は任意に使用できるが、電磁場発生装置1と電磁場受信装置2の間の電力伝送を誘導電磁界で行うため、高周波であると、電力が伝送可能な距離が短くなってしまうことにより、概略 $100\text{MHz}$ 以下が望ましい。また、概略 $100\text{kHz}$ 以下であると、電磁界を発生・受信するアンテナコイルの巻き数を概略100ターン以上にする必要があり、電磁場受信装置2がカード形状の様に限定される際には、実装が難しくなるという問題がある。なかでも、 $13.56\text{MHz}$ の周波数は、電磁場発生装置1と電磁場受信装置2を用いた電力伝送・通信システムの代表的な応用例である非接触ICカードで使用されるISO/IECで標準化された周波数であり、この周波数の周辺帯域は電波法上でも大きな出力が使用できるという産業上の利点がある。また、上記非接触ICカードを用いたシステムとして、汎用乗車券のように、通信距離の拡大によって利便性が向上するものがあるため、本発明による動作可能な範囲の拡大の効果は大きい。以上を鑑みると、発信回路6の周波数は $13.56\text{MHz}$ であることが望ましい。

【0019】以上説明したように、上記構成によれば、電磁場発生装置1と電磁場受信装置2間の距離が変動し、両アンテナコイル間の電磁誘導結合度が変動した際にも、電磁場発生装置1または電磁場受信装置2内のインピーダンス可変整合手段によって、常にインピーダンス整合が取られ、常に高い電力供給効率を得られる。これによって、電磁場受信装置2の動作可能な範囲が拡大するとともに、安定した通信動作を実現することができる。

【0020】以上説明した本発明におけるアンテナ整合手段近辺の回路をより具体的に示した回路図が図7である。ここで、リーダーライター30は $13.56\text{MHz}$ で発振する発振回路40と、この発振回路40の信号を約 $106\text{kbp/s}$ で約10%振幅変調させる信号変調回路41と、アンテナコイル42の前段で直列および並列に挿入した2つのキャパシタによって構成した整合回路43と、スパイラル状に形成したアンテナコイル42とを有し、通常アンテナコイル42から非接触ICカード32へは最大約1W程度の電力が供給可能な出力である。また、非接触ICカード32は銅エッチングで平面状にスパイラル形状で印刷形成したアンテナコイル44と、内部回路を図示しないがCMOSで1チップに形成したICチップをPETによるカード母材内部に封止形

成されている。

【0021】リーダライタ30が出力する電磁界によって、非接触ICカード32のアンテナコイル44で誘起された信号が、上記のICチップに入力される。このICチップの内部回路は、初段でインピーダンス可変整合手段45に入力される。このインピーダンス可変整合手段45は、異なる容量値をもったキャパシタ(a~h)を複数個並列に並べ、電子スイッチSW1およびSW2によって、これらキャパシタの中から接続すべきキャパシタを1つ、もしくは複数個選択し接続する。これを、アンテナ44の後段にアンテナ44と並列に1組、さらにその後段に直列に1組挿入して構成する。電子スイッチSW1およびSW2は制御回路46からの信号によって制御する。インピーダンス可変整合手段45の後段には、4つのダイオードで構成した全波整流回路47を挿入する。この全波整流回路47の後段には、整流後の波形を平滑するためのキャパシタ48を並列に挿入し、その後段に、CPU等デジタル回路の作動電圧を生成するための定電圧回路49をツェナーダイオード等を用いたシャントレギュレータによって構成する。また、非接触ICカード32のアンテナコイル44で誘起した電圧信号から、信号を抽出する信号復調回路50と、アンテナコイル44に並列に挿入した負荷インピーダンスを変動させて、負荷変調による通信を行う信号変調回路51を挿入する。CPU等デジタル回路52の入力には、上記のシャントレギュレータにより構成された定電圧回路49の出力と、信号復調回路50の出力が入力され、CPU等デジタル回路52の出力は信号変調回路51に入力される。

【0022】以上説明したような上記構成において、インピーダンス可変整合手段45の電子スイッチSW1、SW2により容量の異なるキャパシタa~hを組み合わせ、互いに異なる4状態S1~S4を設定する。図8にこの容量の組合せにより得られる4種類の状態を示す。これにより得られる非接触ICカード32とリーダライタ30間の距離に対する受信電力の変化の様子を図9に例示する。図9において横軸は非接触ICカード32とリーダライタ30間の距離(cm)であり、縦軸は電力伝送効率100%を1として表示している。図9においてS1~S4それぞれの状態はインピーダンス可変整合手段を持たない従来の非接触ICカードの受信電力特性と等しく、従来の非接触ICカードにおいては、図9のS1~S4のいずれか一つの状態で示すように、異なるインピーダンス整合条件によって、受信電力がピークとなる位置が異なるため、カード動作に必要な一定電力以上が得られる距離は狭い範囲に限定されている。本実施の形態によれば、距離に応じてインピーダンス可変整合手段45の電子スイッチSW1、SW2を順次オン／オフすることにより、ある一定電力以上(例えば図9において受信電力P)が得られる範囲を拡大することが

できる。すなわち、図9において、本実施の形態の非接触ICカード32とリーダライタ30間の距離が変動したことにより、例えば受信電力がPまで低下したときに上記の電子スイッチSW1~SW2を切り換えることにより動作可能範囲を図9における距離d1~d2の範囲にまで拡大することが出来る。

#### 【0023】

【発明の効果】本発明によれば、電磁誘導を利用して電力伝送と信号の送受信を行う一組の電磁場発生装置と電磁場受信装置において、これら電磁場発生装置と電磁場受信装置の少なくともどちらか一方に、入出力インピーダンスを可変制御するインピーダンス可変整合手段を設けることで、電磁場発生装置と電磁場受信装置間の距離が変動しても、電磁場受信装置が動作するに足る受信電力を確保し、安定した電力供給と通信を行うことが可能となり、電磁場受信装置の動作範囲が拡大することで、利用者がより非接触ICカードを快適に利用できる、電力伝送・信号送受信システムを構築することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を適用する非接触ICカードシステムの構成図。

【図2】本発明における非接触ICカードシステムの基本構成を示すブロック図。

【図3】可変容量キャパシタを使用したインピーダンス可変整合手段の回路図。

【図4】キャパシタと切り換えスイッチを用いたインピーダンス可変整合手段の構成例を示す回路図。

【図5】中点タップを有するインダクタンスを用いたインピーダンス可変整合手段の構成例を示す回路図。

【図6】インピーダンス可変整合手段を電磁場送信装置内に構成した際のシステム構成を示すブロック図。

【図7】本発明を適用したシステムの主要部回路図。

【図8】スイッチの切り換えによるインピーダンス整合を模式的に示す組み合わせ図。

【図9】図8における各インピーダンスに対するICカードとリーダライタ間の距離による受信電力の変化を示す電磁場強度変化図。

【図10】従来の非接触ICカードシステムの構成を示すブロック図。

【図11】従来の非接触ICカードシステムにおいてICカード内にインピーダンス可変回路を有する場合の回路構成図。

#### 【符号の説明】

- |                    |             |
|--------------------|-------------|
| 1 : 電磁場発生装置        | 2 : 電磁場受信装置 |
| 3 : 内部回路           | 4 : アンテナコイル |
| 5 : 整合回路           | 9 : アンテナコイル |
| 10 : インピーダンス可変整合手段 | 11 : 制御     |

回路		32: 非接触型ICカード	40: 発振
12: 整流回路	13: 内部	回路	42: アン
回路		41: 信号変調回路	テナコイル
14: 定電圧生成手段	15: 信号	44: アンテナコイル	45: イン
復調手段	17: CP	ピーダンス可変整合手段	47: 整流
16: 信号変調手段	19: 電力	46: 制御回路	49: 定電
U等デジタル回路	21: 可変	回路	51: 信号
18: 電力伝送状態検出手段	31: PC	48: キャパシタ	
伝送状態判定手段		50: 信号復調回路	
20: 可変キャパシタ		変調回路	
キャパシタ		52: CPU等デジタル回路	
30: リーダライター			
等ホスト端末			

【図1】

【図3】

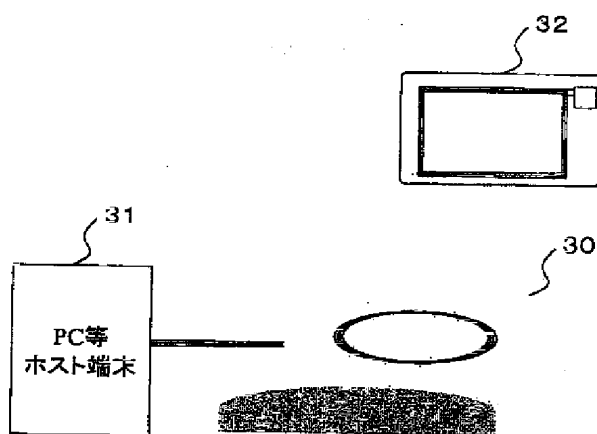
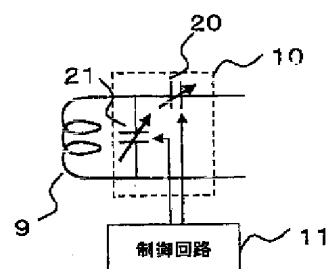


図 1

図 3



【図4】

【図5】

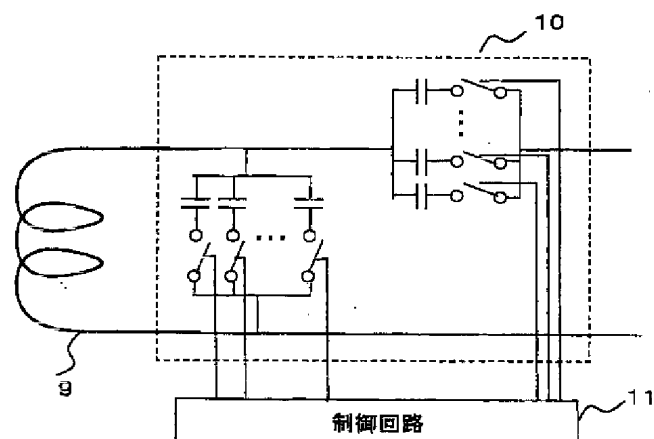
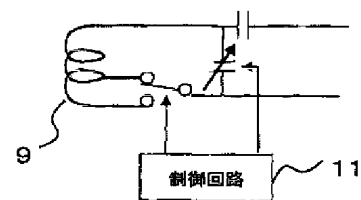


図 4

図 5



【図2】

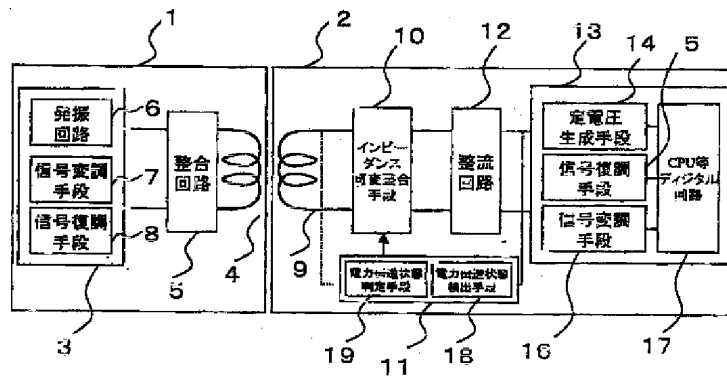


図  
2

【図6】

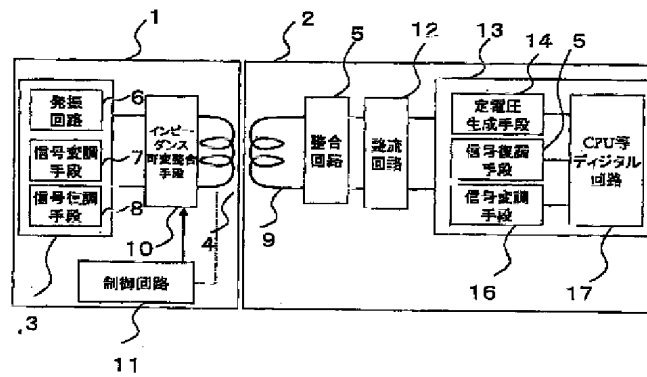
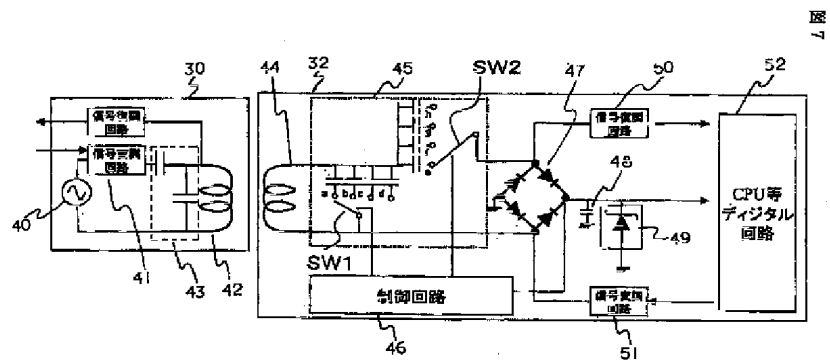


図  
6

【図7】



【図8】

図 8

状態	SW1	SW2
S1	a (14. 3pF)	e (71. 3pF)
S2	b (33. 1pF)	f (42. 5pF)
S3	c (48. 4pF)	g (22. 3pF)
S4	d (55. 0pF)	h (14. 5pF)

【図9】

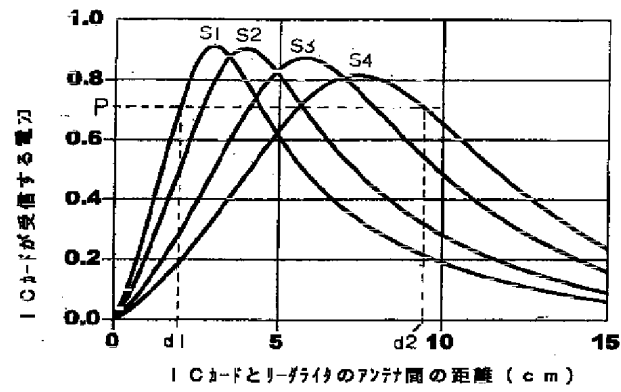


図9

【図10】

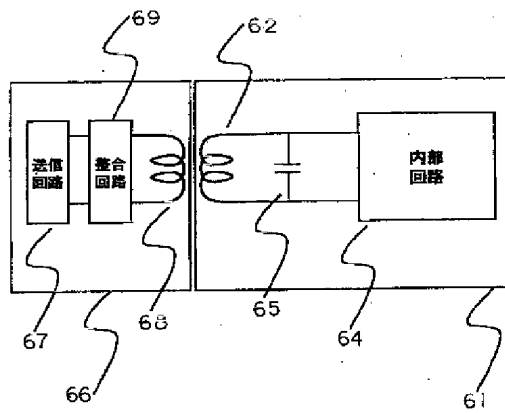


図10

【図 11】

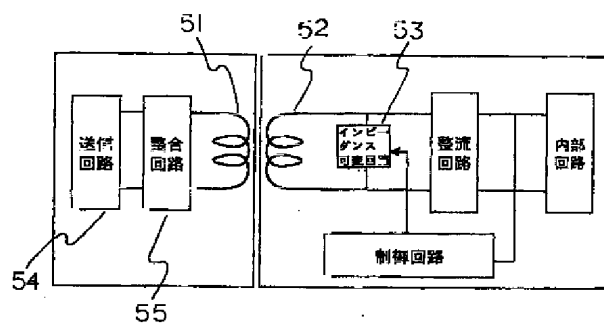


図  
11

フロントページの続き

(72)発明者 竹田 忠雄  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 2C005 MA40 NA08 TA22  
5B035 CA23  
5B058 CA17